*Dunaliella salina*의 연속배양을 위한 계측시스템 모니터링 및 성장곡선 모델링

Measurement System Monitoring and Growth Curve Modeling for Continuous Culture of *Dunaliella salina*

*김기원[1], 최강훈[1], #정상화[2]

*K. W. Kim[1], G. H. Choi[1], #S. H. Jeong(shjeong@chosun.ac.kr)[2]

[1]조선대학교 일반대학원 기계공학과, [2]조선대학교 기계공학과

Key words : Microalgae, Continuous culture, Growth curve, Gompertz model, Logistic model

1. 서론

미세조류는 현미경으로 관찰이 가능한 단세포 모양의 원핵 또는 진핵조류를 지칭하며,[1] 엽록소를 가지고 있는 광합성 생물로서 의약품, 식품, 사료 등 고부가가치의 유용산물을 생산할 수 있다.[2] 그리고 이산화탄소를 사용하므로 현재 세계적인 문제로 대두되고 있는 지구온난화 문제의 해결에 기여할 수 있고, 화석연료를 대체할 수 있는 바이오에너지를 생산할 수 있다. 최초의 해양 미세조류의 배양은 1892년 Miquel이 해수에 무기 영양염을 첨가하여 규조류를 배양하면서 시작하였다. 1910년대부터 배양연구가 활발히 진행되었고, 산업적 측면에서의 대량배양은 1960년대부터 시작되었다.[3] 미세조류의 배양을 통한 바이오매스의 대량 확보를 위해 다양한 형태의 반응기 및 배양방법이 연구되고 있다.

미세조류의 배양법은 크게 회분배양(batch culture), 연속배양(continuous culture), 유가식배양(fed-batch culture)등으로 나눌 수 있다. 이중 연속배양은 배양조건이 항상 일정하게 유지되고 균의 증식속도를 임의로 조절할 수 있어서 미세조류의 대사 및 유지에 관한 연구에 용이하다. 그리고 적은 노동력이 소모되고 높은 생산성을 얻을 수 있으며, 제어를 통하여 제품의 균질성을 높일 수 있다. 그러나 미세조류의 동적 거동(dynamic behavior)에 대한 정보의 축적이 충분하지 못하여 회분배양의 결과를 연속배양에 그대로 적용할 수 없다.

본 논문에서는 *Dunaliella salina* DCCBC2의 연속배양을 위한 모니터링 시스템 구축과 성장곡선을 모델링하였다.

2. *D.salina* 성장 모니터링 시스템

본 연구에서는 연속배양기법중 하나인 터비도스탯(turbidostat)을 사용하기 위해 50L급 평판형광생물 반응기에 탁도센서, pH센서, 온도센서, 조도센서를 부착하였으며 시스템의 흐름도를 Fig. 1에 나타내었다.

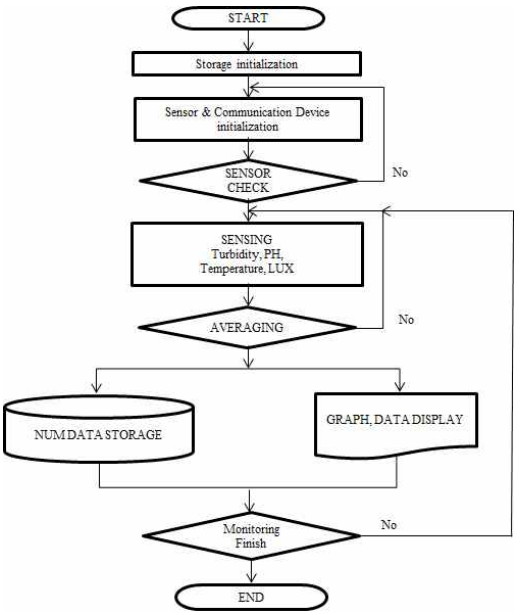

Fig. 1 Flow chart of cultivation monitoring system

3. *D.salina* 성장곡선 모델링

미생물 성장예측모델은 1차, 2차 및 3차 모델로 나누어지며 1차 모델(primary model)은 특정 환경

조건에서 시간적 변화에 따른 미생물 성장을 나타내는 기본적인 모델이다. 대표적으로 Gompertz model, Logistic model, Baranyi model등이 있다.[4]

본 연구에서는 *D.salina*균주를 실험에 사용하였으며, 균주는 D-media에서 30일간 배양하였다. *D.salina*의 성장곡선은 Fig. 2에 나타내었다.

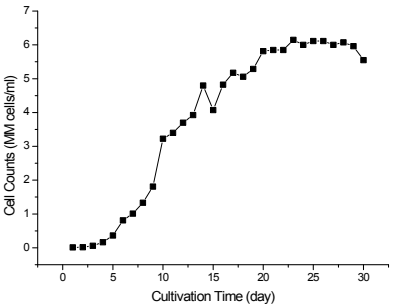

Fig. 2 Growth curve of *D.salina*

위의 성장곡선을 이용하여 *D. salina*의 성장을 예측하기 위해 Gompertz model과 Logistic model을 사용하였다. 두 모델 방정식과 여기서 도출해 낸 값들은 각각 Table 1, Table 2에 나타내었다.

Table 1 Equation of Logistic and Gompertz

Model	Equation
Logistic	$y = \frac{A}{1+e[\frac{4\mu_m}{A}(\lambda - t)+2]}$
Gompertz	$y = Ae^{[-e^{\frac{\mu_m e}{A}(\lambda - t)+1}]}$

Table 2에 나타낸 값들은 연속배양을 하기 위한 제어프로그램을 만들 때 필요한 매개변수들이다. 모델식의 적합성을 나타내는 결정계수 값은 모두 0.95이상으로 나타났다. 하지만 Gompertz model의 결정계수 값이 0.988로 Logistic model보다 높아서 Gompertz model이 *D.salina*의 성장을 예측 하기에 더 적합하다. 연속배양에 있어서 중요한 요소인 최대증식속도(Specific Growth Rate, SGR)는 Gompertz model에서 0.861d^{-1}이었다.

Table 2 Growth parameters of *D. salina* on the basis of Logistic and Gompertz equations

Model	Logistic	Gompertz
A(maximal value)	5.940	5.986
SGR(μ_{max},day^{-1})	0.821	0.861
lag time(λ,day)	0.487	0.441
R-Square	0.974	0.988

4. 결론

본 연구에서는 *D. salina*균주의 연속배양을 위하여 계측모니터링 시스템을 구축하였으며, Logistic model과 Gompertz model을 이용하여 성장곡선을 모델링 하였다. Gompertz model의 결정계수 값이 Logistic model보다 더 높았기 때문에 *D. salina*균주의 성장곡선을 예측할 때 Gompertz model을 사용하는 것이 더 적합하다는 결론을 얻었다.

후기

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20103020090020)

참고문헌

1. Shin, H. J., Park, J. H., Jung, W. K., Cho, H., and Kim, S. W., "Development of Biorefinery Process using Microalgae," Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 28, No. 2, 154-167, 2011.
2. Yun, Y. S., Park, J. M., and Bohumil Volesky, "Modeling of Microalgal Photosynthetic Activity Depending on Light Intensity, Light Pathlength and Cell Density," Korean J. Biotechnol. Bioeng. Vol. 14, No. 4, 414-421, 1999.
3. Oh, S.H., "Studies on Mass Cultivation of Marine Microalgae for Efficient Product of Biodiesel and Functional Biomaterials from its By-products," 24-27, 2011.
4. Cho, J. I., Lee, S. H., Lim J. S., Kwak, H. S., and Hwang, I. G., "Development of a Predictive Model Describing the Growth of Listeria Monocytogenes in Fresh Cut Vegetable," J. Fd Hyg. Safety, Vol. 26, No. 1, 25-30, 2011.